

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## Machine tool

Patent Number: ☐ EP0720889, B1  
Publication date: 1996-07-10  
Inventor(s): STEINBACH HEINZ (DE); HESSBRUEGGEN NORBERT (DE)  
Applicant(s):: EMAG MASCH VERTRIEBS SERV GMBH (DE)  
Requested Patent: ☐ DE4445283  
Application Number: EP19950117156 19951031  
Priority Number(s): DE19944445283 19941219  
IPC Classification: B23Q11/12 ; H02K41/02  
EC Classification: B23Q1/62A, B23Q5/28, B23Q11/12, H02K41/02  
Equivalents:

---

### Abstract

The slide carriage is guided on the machine frame guideway and is firmly coupled to a primary (50) of a linear motor, whose secondary (6) is firmly treated parallel to the guideway and slightly spaced from the primary. The linear motor is round. The primary coils, orthogonal to the movement direction, are arranged in a circular configuration and surround, with a narrow gap, a rod-shaped secondary part of individual sheet metal lamination. The ends of the secondary parts are maintained free of thermal stress. At least the primary part comprises a cooler.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 44 45 283 A 1

⑥ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 02 K 41/02**  
H 02 K 9/00  
B 23 Q 5/28  
B 23 Q 11/14

⑳ Aktenzeichen: P 44 45 283.7  
㉔ Anmeldetag: 19. 12. 94  
㉕ Offenlegungstag: 20. 6. 96

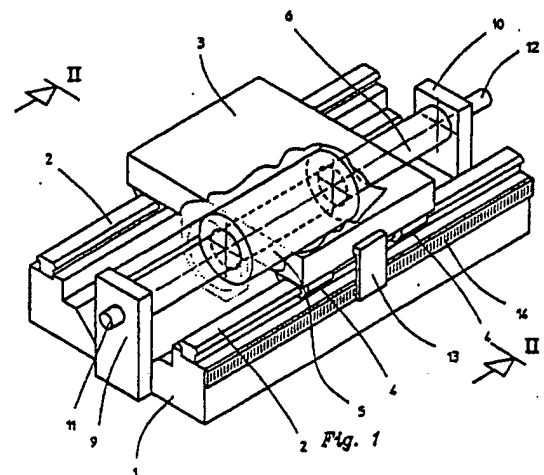
DE 44 45 283 A 1

㉚ Anmelder:  
Emag-Maschinen Vertriebs- und Service GmbH,  
73084 Salach, DE  
  
㉛ Vertreter:  
Zmyl, E., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., Pat.-Anw.,  
81669 München

㉜ Erfinder:  
Heßbrüggen, Norbert, 73107 Eschenbach, DE;  
Steinbach, Heinz, 89079 Ulm, DE

⑥4 Werkzeugmaschine

⑥7 Die Werkzeugmaschine umfaßt einen Maschinenkörper (1), auf dem mittels Führungen (2) ein Werkzeugschlitten (3) verfahrbar ist. Zum Antrieb des Werkzeugschlittens (3) dient ein Linearmotor mit einem innerhalb des Schlittenkörpers (3) angeordneten Primärteil (5) und einem zwischen zwei Festlagern (9) und (10) gehaltenen rohrförmigen Sekundärteil (6). Zur Kühlung des Sekundärteils (6) ist ein Kühlmittelzufluß (11) und Kühlmittelabfluß (12) jeweils an einem der beiden Festlager angeordnet, wobei diese Anschlüsse mit dem Inneren des Sekundärteils in Verbindung stehen.



DE 44 45 283 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Werkzeugmaschine mit einem an einer Führungsanordnung eines Maschinenkörpers geführten Schlitten, der mit dem Primärteil eines Linearmotors fest verbunden ist, dessen Sekundärteil mit geringem Abstand zum Primärteil parallel zu der Führungsanordnung am Maschinenkörper fest angeordnet ist.

Der Einsatz elektrischer Direktantriebe mit Linearmotoren für die drei Hauptachsen bei Bearbeitungszentren ist bereits bekannt. Dabei kommen Einzelkamm-Linearmotoren zur Anwendung, wobei der Primärteil am Schlitten und der Sekundärteil am Maschinenkörper fest angeordnet ist. Der Sekundärteil liegt dabei zwischen zwei Führungen des Schlittens, die wegen der hohen Anziehungskraft zwischen Primärteil und Sekundärteil, die typisch für solche Einzelkamm-Linearmotoren ist und senkrecht zur Fortbewegungsrichtung und damit senkrecht zu den Führungsschienen steht, besonders verwindungssteif ausgebildet sein müssen, was zu schweren Maschinenkörpern führt, an denen die Führungsschienen ausgebildet sind und angeordnet sind. Hierdurch ist eine Neukonstruktion der Werkzeugmaschinen bzw. Bearbeitungszentren erforderlich. Eine Nachrüstungsmöglichkeit für bisherige Werkzeugmaschinen scheidet wegen der hohen Belastung auf die Führungen in den meisten Fällen aus.

Aufgabe der Erfindung ist es, die hohen, auf die Führungen wirkenden Anziehungskräfte im wesentlichen zu vermeiden und somit leichtere Konstruktionen zu ermöglichen. Außerdem soll die Möglichkeit einer äußerst einfachen Umrüstung bisher bekannter Werkzeugmaschinen möglich sein, deren Schlittenantriebe durch Kugelrollspindeln erfolgte.

Diese Aufgabe wird ausgehend von einer Werkzeugmaschine der eingangs erläuterten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Linearmotor als runder Linearmotor ausgebildet ist, bei dem die senkrecht zur Bewegungsrichtung liegenden Wicklungen des Primärteiles in Kreisform angeordnet sind und den aus einzelnen Blechscheiben zusammengesetzten stangenförmigen Sekundärteil gleichförmig mit engem Spalt umschließen, daß der Sekundärteil an seinen Enden frei von Wärmedehnungsspannungen gehalten ist und daß zumindest der Primärteil mit einer Kühleinrichtung versehen ist.

Durch die Ausbildung des Linearmotors als runden Linearmotor, wobei die Wicklungen des Primärteiles den Sekundärteil allseitig und damit gleichförmig umschließen, heben sich die Anziehungskräfte zwischen Primärteil und Sekundärteil gegenseitig auf, wodurch die Führungsanordnung für den anzutreibenden Schlitten nicht mit diesen hohen Anziehungskräften belastet wird, wie dies beim bisher bekannten Einsatz von Einzelkamm-Linearmotoren der Fall ist. Hierdurch sind keine besonderen Vorkehrungen bei der Ausbildung der Schlittenführungen notwendig, wodurch eine wesentlich stabilere Neukonstruktion entfällt. Es besteht also die Möglichkeit die bisherigen Maschinenkörper, Schlitten und Schlittenführungen zu verwenden. Hierdurch ergibt sich auch die Möglichkeit bereits bestehende Maschinen, die einen Spindelantrieb aufweisen, umzurüsten.

Diese Möglichkeit ist insbesondere dann gegeben, wenn in Weiterbildung der Erfindung der Primärteil innerhalb des Schlittenkörpers angeordnet ist. Der Primärteil ersetzt bei einer Umrüstung die Mutter des

Spindelantriebes während die Spindel selbst durch den stangenförmigen Sekundärteil zu ersetzen ist.

Gegenüber einem herkömmlichen Spindelantrieb entfällt der außen am Maschinenkörper angeordnete Antriebsmotor sowie die hochwertigen und stabilen Lager für die Spindel, die die hohen Beschleunigungskräfte der schweren Schlitten aufnehmen müssen. Durch den Einsatz eines runden Linearmotors werden nicht nur die erwähnten konstruktiven Vorteile, sondern auch wesentlich höhere Beschleunigungen und Fahrgeschwindigkeiten für die Schlitten erzielt, die zu kürzeren Taktzeiten bei geringerem konstruktiven Aufwand der Werkzeugmaschine führen.

Durch die zumindest für den Primärteil vorgesehene Kühleinrichtung, die in weiterer Ausgestaltung der Erfindung einen schraubenförmig, die Wicklungen umgebenden Kühlkanal umfaßt, wird eine übermäßige Erwärmung des Primärteiles und damit auch eine zusätzliche Erwärmung des Sekundärteiles vermieden. Die Vermeidung der Erwärmung ist deswegen wesentlich, weil sonst Verspannungen im Sekundärteil auftreten, die zu einer Änderung des nur wenige Zehntel Millimeter betragenden Spaltes führen könnten. Eine Veränderung des Spaltes zwischen Primärteil und Sekundärteil hat aber eine Änderung der Antriebskraft zur Folge, wodurch der Antrieb ungleichförmig ausfallen könnte. Dies ist aber bei Werkzeugmaschinen nicht annehmbar. Eine weitere Maßnahme zur Vermeidung eines solchen Zustandes ist in der besonderen Halterung des Sekundärteiles zu sehen, die gemäß Anspruch 1 frei von Wärmedehnungsspannungen sein soll. Treten nämlich Wärmedehnungsspannungen im Sekundärteil auf, was durch die betriebsbedingte Erwärmung unvermeidbar ist, so ergeben sich hieraus Verformungen des Sekundärteiles, die wiederum zu Änderungen im Spalt zwischen dem Primärteil und dem Sekundärteil führen. Hieraus ergeben sich Änderungen in der Antriebskraft, die wie bereits oben angegeben, für den Schlittenantrieb unerwünscht sind.

Um Wärmedehnungen im Sekundärteil mit den oben beschriebenen Nachteilen zu vermeiden, ist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung der Sekundärteil mit einer Kühleinrichtung versehen. Dabei kann der Sekundärteil als hohle, aus Lochblechscheiben zusammengesetzte Stange ausgebildet sein, die an ihren Enden jeweils mit einem Kühlmittelzuflußanschluß bzw. einem Kühlmittelabflußanschluß versehen ist. Mittels einer solchen Kühleinrichtung ist es möglich, den Sekundärteil an seinen beiden Enden fest einzuspannen, da durch die Kühleinrichtung die sonst zwangsläufig eintretenden Wärmedehnungen aufgrund der Wärmeabfuhr kompensiert werden können. Durch die Kühlmittelzufuhr ist es möglich, entweder Wärmedehnungen exakt zu kompensieren, so daß der Sekundärteil spannungsfrei ist oder es besteht auch die Möglichkeit die Kühlwirkung so zu erhöhen, daß der Sekundärteil mit einer gewissen Vorspannung, d. h. unter Zugwirkung stehend, eingespannt ist. Hierdurch läßt sich die Stützlänge eines solchen Sekundärteiles gegenüber dem völligen spannungslosen Zustand noch erhöhen.

Es ist aber auch nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung möglich, daß der Sekundärteil an einem Ende fest in einem Festlager und am anderen Ende in einem Loslager gegen die Kraft einer Federanordnung verschiebbar gehalten ist. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß eine Federkennlinie gewählt wird, bei der mit zunehmender Dehnung die Federkraft möglichst geringfügig abfällt.

Die Erfindung wird anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert, die in der Zeichnung in schematischer Weise dargestellt sind. In dieser zeigen:

Fig. 1 einen Werkzeugschlitten mit Linearführungen und Linearmotor gemäß der Erfindung mit fest eingespanntem Sekundärteil;

Fig. 2 einen Schnitt nach der Linie II-II in Fig. 1;

Fig. 3 eine Schlitten- und Motoranordnung gemäß Fig. 1 jedoch mit federnd eingespanntem Sekundärteil;

Fig. 4 einen Längsschnitt nach der Linie IV-IV in Fig. 3;

Fig. 5 einen Werkzeugschlitten mit Flachführungen;

Fig. 6 einen Schnitt nach der Linie VI-VI in Fig. 3; und

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht einer Werkzeugmaschine mit einem horizontal und vertikal verfahrbaren Schlitten mit jeweils zwei Linearmotoren.

Wie aus den Fig. 1 und 2 ersichtlich, ist auf einem Maschinenkörper 1 eine Führungsanordnung in Form von zwei Linearführungen 2 angeordnet, die zur Längsverschiebung eines Werkzeugschlittens 3 dient, der den Führungsschienen 2 angepaßte Führungswagen 4 aufweist, von denen die Führungsschienen 2 spielfrei umfaßt sind. Der Schlitten 3 ist mit vier solchen Führungswagen 4 versehen.

Für den Antrieb in Längsrichtung der Führungsschienen 2 ist ein Linearmotor vorgesehen, der einen Primärteil 5 und einen Sekundärteil 6 umfaßt. Die Wicklungen im Primärteil sind senkrecht zur Bewegungsrichtung angeordnet und umgeben den rohrförmigen Sekundärteil 6 in Kreisform. Diese mit 7 bezeichneten Wicklungen sind innerhalb eines Motorgehäuses 8 angeordnet, welches in einer entsprechenden zentralen Bohrung des Schlittens 3 fest angeordnet ist. Der rohrförmige Sekundärteil 6 ist an beiden Enden in Festlagern 9 und 10 gehalten, die mit dem Maschinenkörper 1 fest verbunden sind. Um Wärmedehnungen des Sekundärteils 6 zu verhindern, sind an den Festlagern 9 und 10 Kühlmittelanschlüsse 11 und 12 vorgesehen, die eine Zu- bzw. Abführung von Kühlmitteln in das innere des hohlen Sekundärteils gestatten und somit die Möglichkeit bieten, den Sekundärteil 6 soweit abzukühlen, daß entweder dieser spannungsfrei ist oder mit Vorspannung in den Festlagern 9 und 10 gehalten ist. Mit 13 und 14 sind ein Abtaster und ein Lineal eines linearen Wegmeßsystems bezeichnet.

Die Fig. 3 und 4 zeigen den gleichen Werkzeugschlitten auf einem Maschinenkörper, so daß gleichbleibende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Aus der Darstellung gemäß Fig. 4 ist ersichtlich, daß innerhalb des Gehäuses 8 um die Wicklungen 7 herum ein schraubenlinienförmiger Kanal 15 für ein Kühlmittel vorgesehen ist, um die im Primärteil 5 erzeugte Wärme abzuführen. Der einzige Unterschied gegenüber der Ausgestaltung nach den Fig. 1 und 2 besteht darin, daß nur ein Festlager 10 für den Sekundärteil 6 vorgesehen ist, während das gegenüberliegende Ende des Sekundärteils in einem Loslager 16 gehalten ist, welches eine Längsausdehnung des Sekundärteils zuläßt, jedoch nur gegen die Wirkung einer Federanordnung 17, die sich zwischen einem mit dem Sekundärteil 6 fest verbundenen Flansch 18 und dem Loslager 16 abstützt.

Die Ausführungsform nach den Fig. 5 und 6 entspricht bis auf eine geänderte Führungsanordnung derjenigen nach den Fig. 1 und 2. Im Gegensatz zu den Linearführungen 2 sind bei der Ausführungsform nach den Fig. 5 und 6 Flachführungen 19 und 20 vorgesehen. Bei der Flachführung 19 ist der Werkzeugschlitten 3 spielfrei gehalten, während die Flachführung 20 eine

Ausdehnungsmöglichkeit des Schlittens quer zur Längsrichtung der Führungsschiene zuläßt.

In Fig. 7 ist in perspektivischer Darstellung eine Werkzeugmaschine angezeigt, die einen im wesentlichen H-förmigen Maschinenkörper 21, der auch U-förmig ausgebildet sein kann, und einen in horizontaler, d. h. in X-Richtung verfahrbaren Schlitten 22 umfaßt. Zur Führung des Schlittens 22 sind auf den nach oben stehenden Schenkeln 23 und 24 des Maschinenkörpers 21 Linearführungen 25 und 26 vorgesehen, an denen der Schlitten 22 mittels vier Führungswagen 27 verfahrbar ist. Die Linearführungen 25 und 26 und die Führungswagen 27 entsprechen der Ausgestaltung der Linearführungen gemäß Fig. 1. Zur Verschiebung des Schlittens 22 entlang den Führungen 25 und 26 sind oberhalb der Führungsschienen 25 und 26 Sekundärteile 6 vorgesehen, die ebenso wie bei der Ausgestaltung nach Fig. 1 in Festlagern 9 und 10 eingespannt sind, die mit den Schenkeln 23 und 24 des Maschinenkörpers 21 fest verbunden sind. Der jeweilige Primärteil 5 ist innerhalb des Schlittens 22 oberhalb der Führungswagen 27 angeordnet. Aufgrund der symmetrisch oberhalb der jeweiligen Führungsschienen angeordneten Linearmotoren ist eine verkantungsfreie Verschiebung des Schlittens 22 gewährleistet.

An dem Schlitten 22 ist in vertikaler Richtung, d. h. in Z-Richtung ein weiterer Schlitten 28 verfahrbar, der mittels Linearführungen 29 und 30 und Führungswagen 31 am Schlitten 22 geführt ist, wobei dieses Führungssystem entsprechend demjenigen gemäß Fig. 1 ausgebildet ist. Parallel zu den Führungsschienen 29 und 30 sind mittels Festlager 9 und 10 zwei Sekundärteile 6 fest eingespannt, wie dies in Fig. 1 gezeigt ist. Innerhalb des Schlittens 28 sind den jeweiligen Sekundärteilen 6 Primärteile 5 zugeordnet, so daß auch hier, wie bei dem Schlitten 22 eine verkantungsfreie Verschiebung möglich ist. Der Schlitten 28 trägt eine Motorspindel 32 mit einem Greiferfutter 33, in dem ein Werkstück 34 gespannt ist.

#### Patentansprüche

1. Werkzeugmaschine mit einem an einer Führungsanordnung eines Maschinenkörpers geführten Schlitten, der mit dem Primärteil eines Linearmotors fest verbunden ist, dessen Sekundärteil mit geringem Abstand zum Primärteil parallel zu der Führungsanordnung am Maschinenkörper fest angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Linearmotor als runder Linearmotor ausgebildet ist, bei dem die senkrecht zur Bewegungsrichtung liegenden Wicklungen (7) des Primärteiles (5) in Kreisform angeordnet sind und den aus einzelnen Blechscheiben zusammengesetzten stangenförmigen Sekundärteil (6) gleichförmig mit engem Spalt um schließen, daß der Sekundärteil (6) an seinen Enden frei von Wärmespannungen gehalten ist und daß zumindest der Primärteil (5) mit einer Kühleinrichtung (15) versehen ist.
2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Primärteil (5) innerhalb des Schlittens (3) angeordnet ist.
3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung für den Primärteil (5) einen schraubenförmig die Wicklung (7) umgebenden Kühlkanal (15) umfaßt.
4. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Sekundär-

teil (6) mit einer Kühleinrichtung versehen ist.

5. Werkzeugmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Sekundärteil (6) als hohle, aus Lochblechscheiben zusammengesetzte Stange ausgebildet ist, die an ihren Enden jeweils mit einem Kühlmittelzuflußanschluß (11) bzw. einem Kühlmittelabflußanschluß (12) versehen ist.

6. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Sekundärteil (6) an einem Ende fest in einem Festlager (10) und am anderen Ende in einem Loslager (16) gegen die Kraft einer Federanordnung (17) verschiebbar gehalten ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

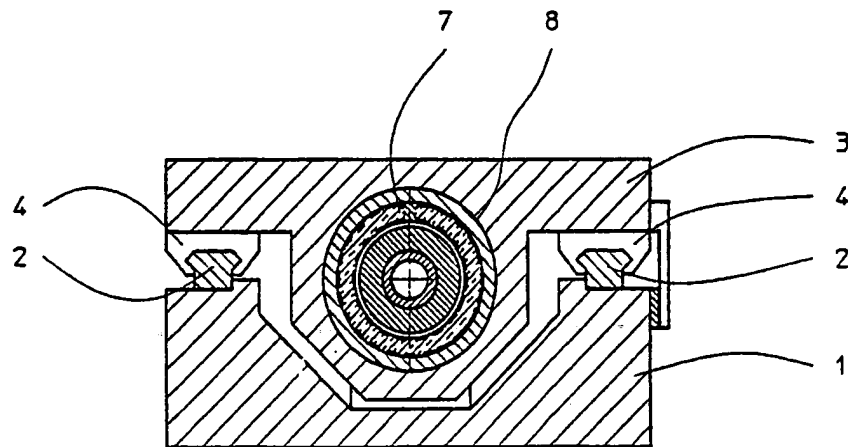
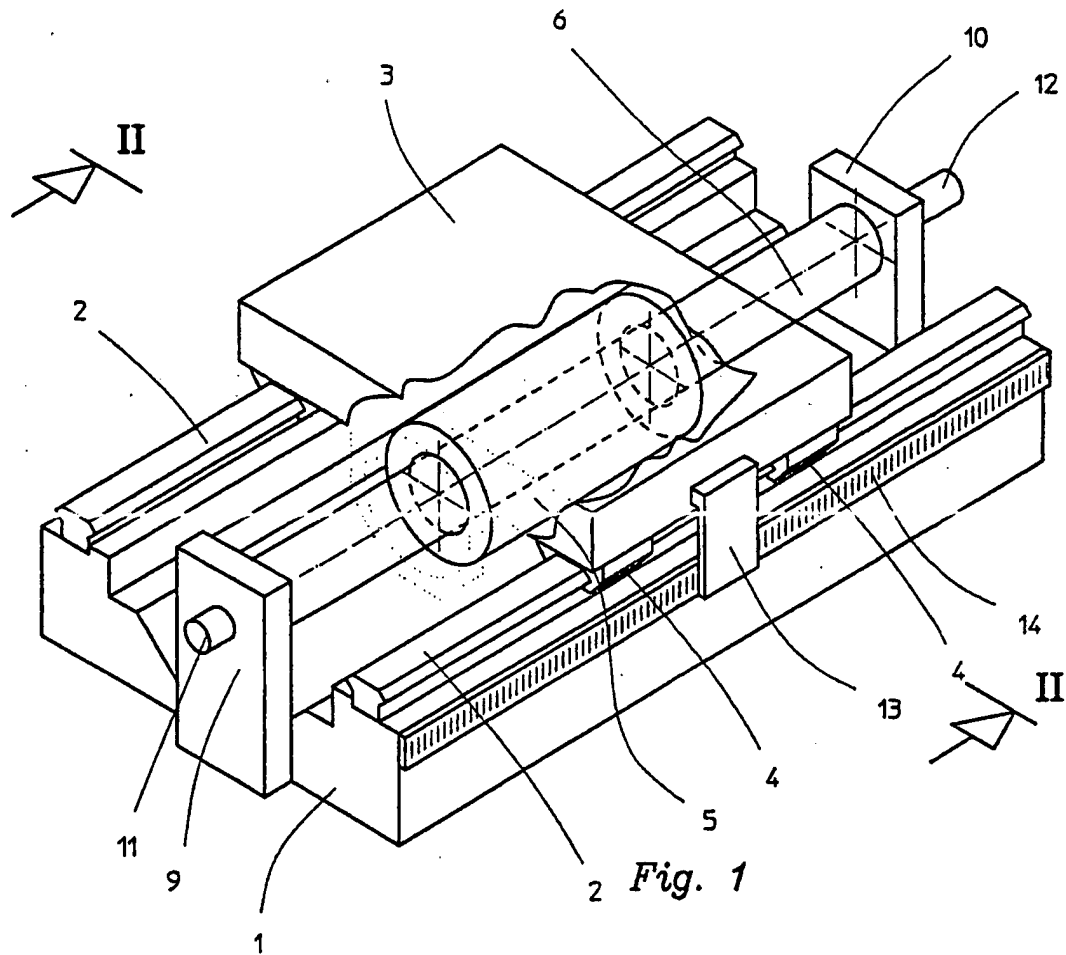
45

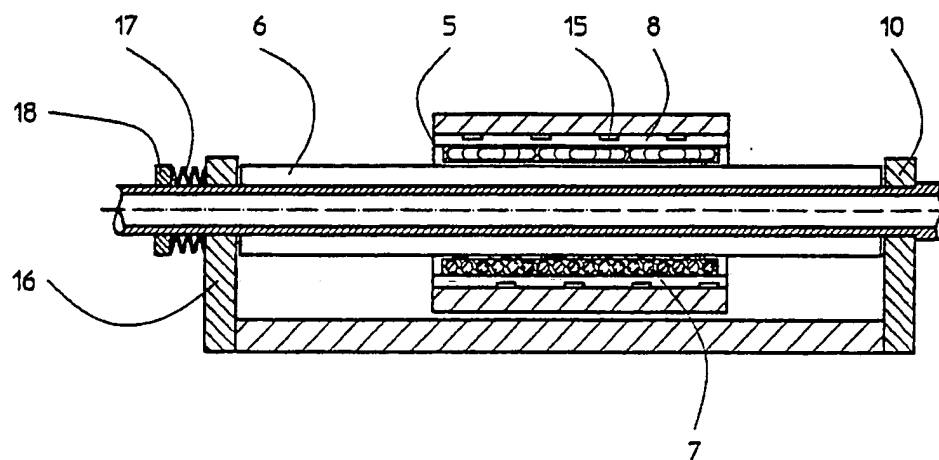
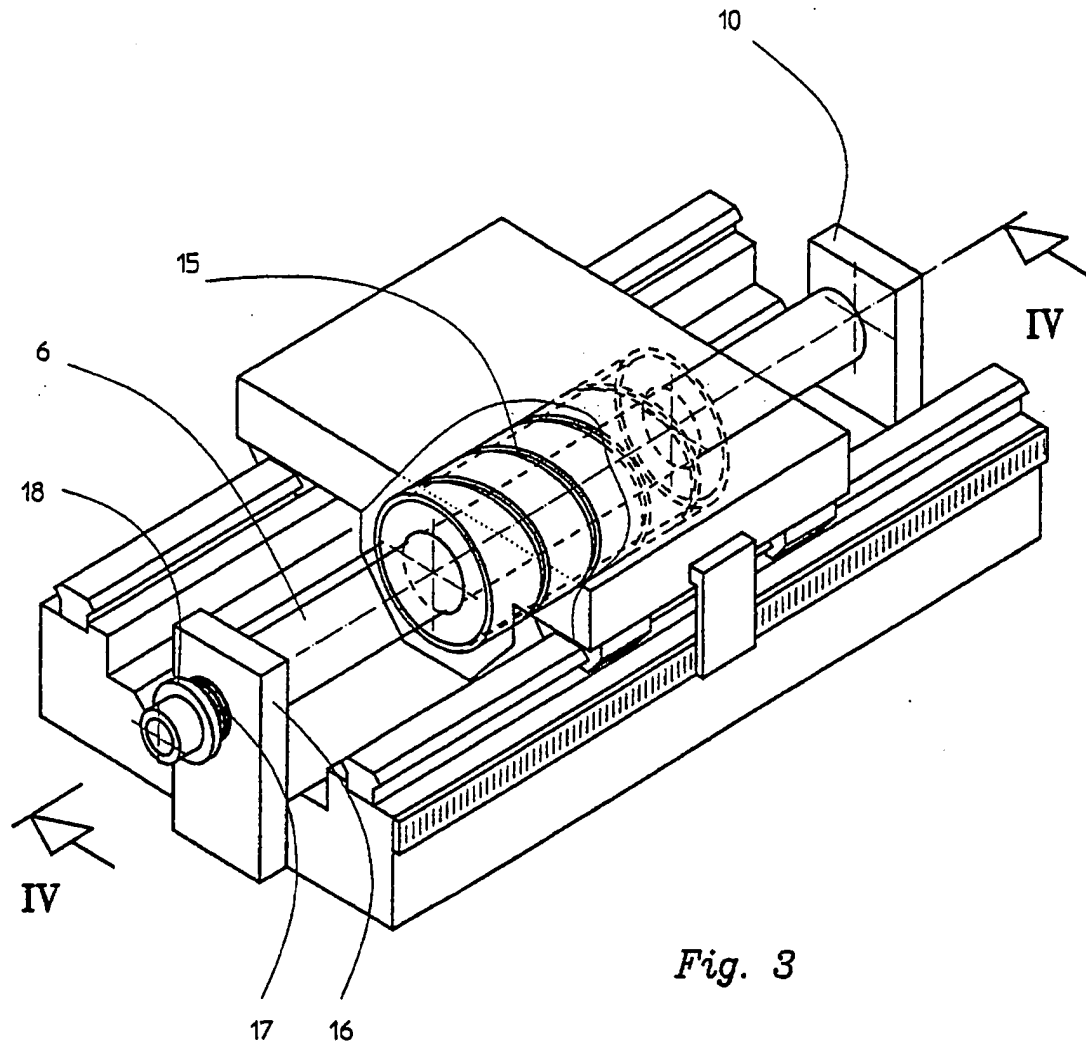
50

55

60

65







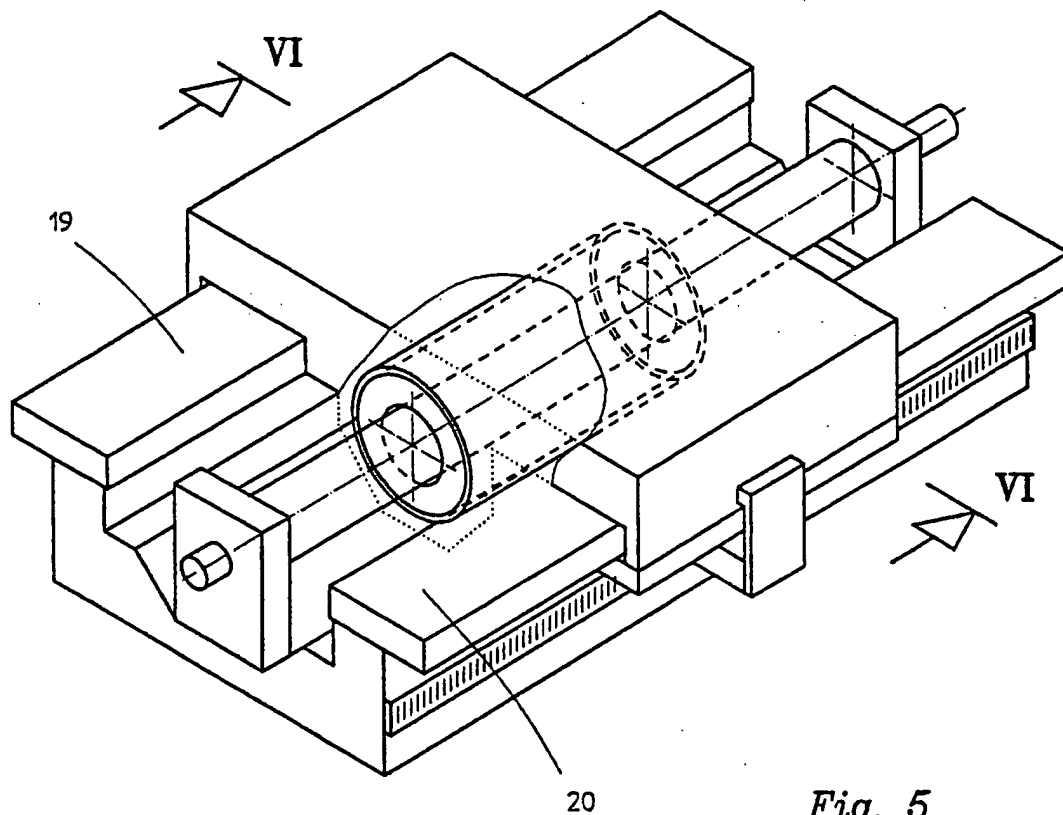


Fig. 5

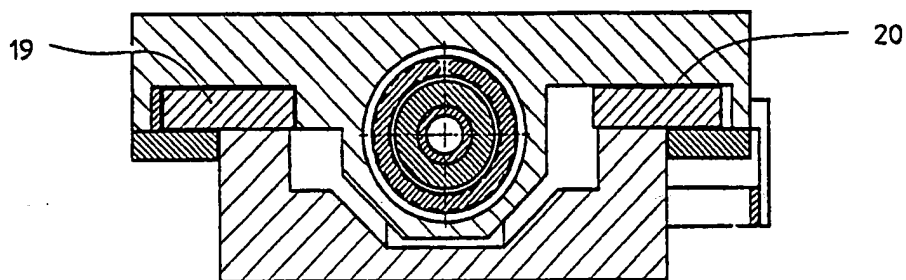


Fig. 6

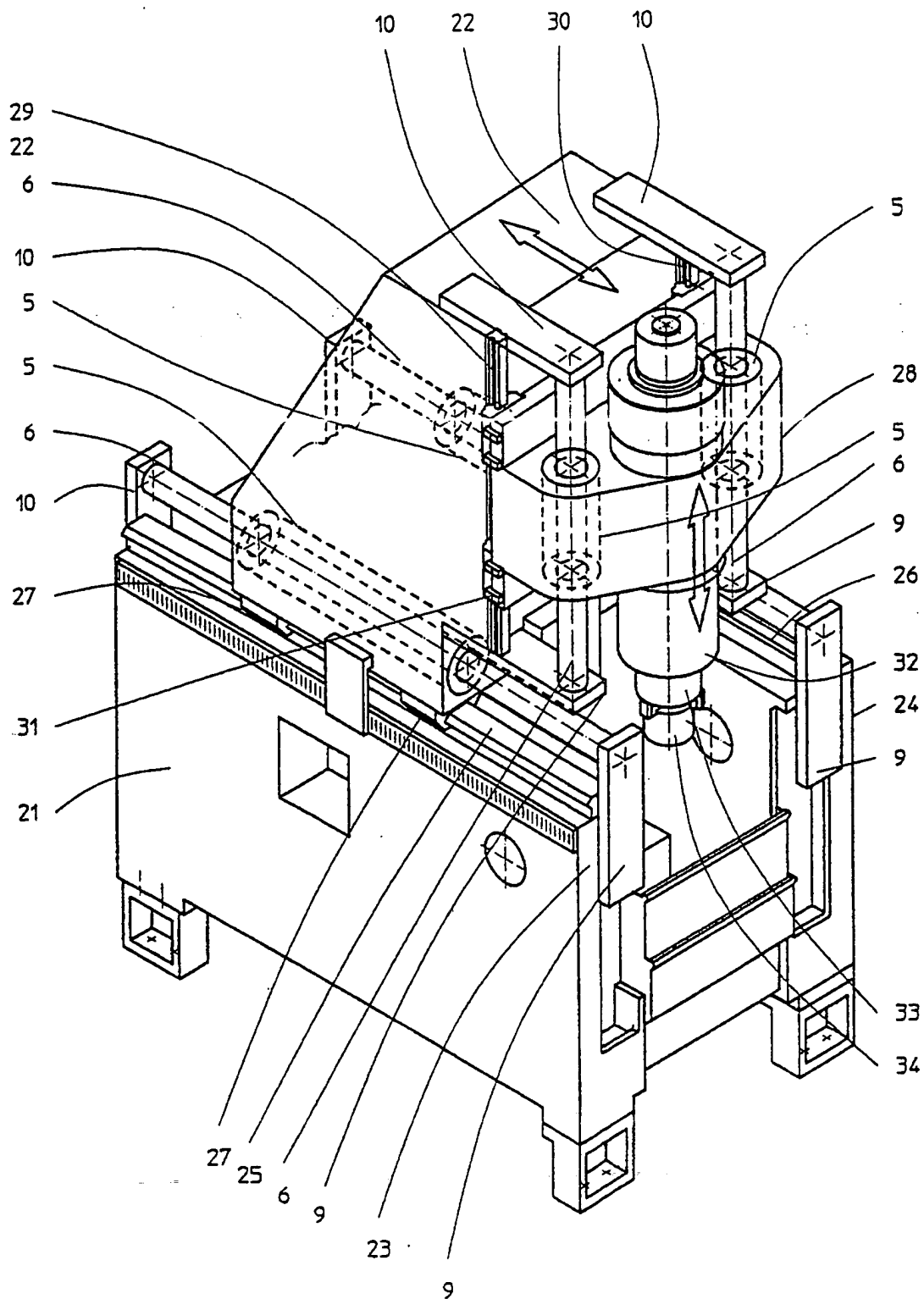


Fig. 7